

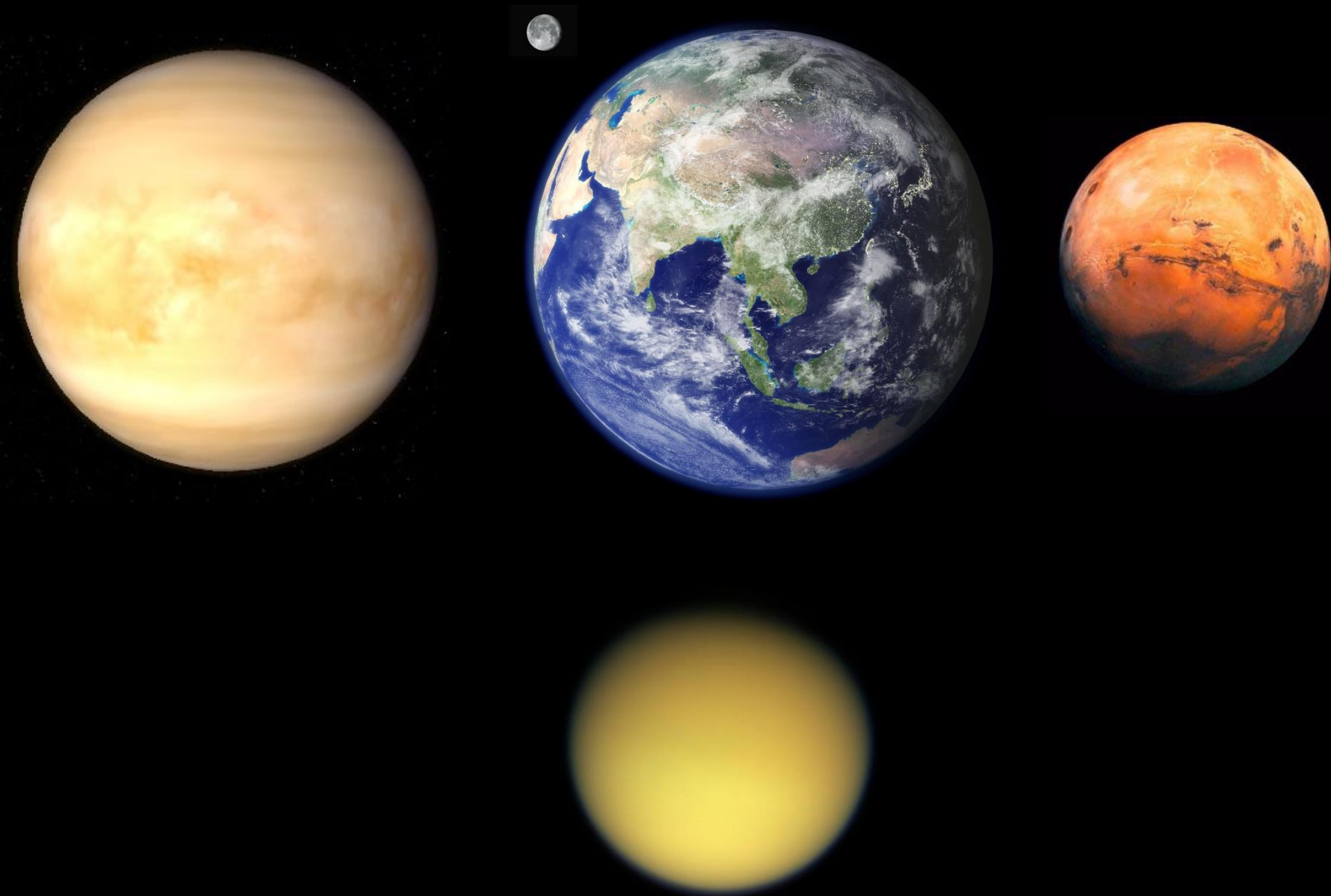
VAN-E KAPCSOLAT AZ UV-SUGÁRZÁS VÁLTOZÁSA ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS KÖZÖTT?

Tóth Zoltán

*Országos Meteorológiai Szolgálat
Marczell György Főobszervatórium
Távérzékelési Osztály*



PLANETÁRIS ATMOSZFÉRÁK MŰKÖDÉSE



PLANETÁRIS ATMOSZFÉRÁK MŰKÖDÉSE:

-LEGBONYOLULTABB KÖZEGEK A VILÁGEGYETEMBEN

**- NEM TRIVIÁLIS, NEMLINEÁRIS FOLYMAATOK
SOKASÁGA, BONYOLULT RENDSZERE, EGYMÁSKÖZTI
VISSZACSATOLÓ MECHANIZMUSOKKAL
DE: KÉNYSZER AZ ALAPVETŐ FIZIKAI TÖRVÉNYEKNEK
VALÓ MEGFELELÉSRE ⇒**

**(mechanika, termodinamika, hidrodinamika, elektrodinamika,
magnetohidrodinamika stb. - minden halmazállapot együtt van jelen
stb.)**

A LÉGKÖR EGYSZERRE AKAR MEGFELELNI KÉT ALAPVETŐ FIZIKAI TÖRVÉNYNEK:

1. MAXIMÁLIS ENTRÓPIÁRA TÖREKVÉS

(A RENDSZER TERMIKUS EGYENSÚLYBA AKAR KERÜLNI
⇒ VISZONYLAG KAOTIKUS SUGÁRZÁSI MEZŐ)

2. ENERGIAMINIMUMRA TÖREKVÉS

(MAXIMÁLIS HOSSZÚHULLÁMÚ ENERGIÁT AKAR
KISUGÁROZNI)

**A RENDSZER EZT ÚGY OPTIMALIZÁLJA, HOGY BEÁLLÍT
EGY ÁTLAGOS (ZONÁLIS, GLOBÁLIS) OPTIKAI
VASTAGSÁGOT, AMELY MELLETT A LÉGKÖR
KISUGÁRZÁSA MAXIMÁLIS LESZ
⇒ EZT A VÍZGŐZTARTALOMMAL SZABÁLYOZZA**

BOLYGÓK SUGÁRZÁSI EGYENSÚLYA:

Energetikai szempontból bolygók felszíni hőmérsékletét két fontosabb tényező határozza meg:

- 1. Nap sugárzásából elnyelt energia (F_0)**
- 2. a bolygó belsejében keletkező (többnyire magreakciók során felszabaduló) és a bolygófelszínre kerülő geotermikus energia (P_0)**

Föld, Mars: P_0 elhanyagolhatóan kicsi, Venus ?

A bolygófelszín és légkör $T = f((F_0 + P_0)$ és a légkör összetételének alakulása)

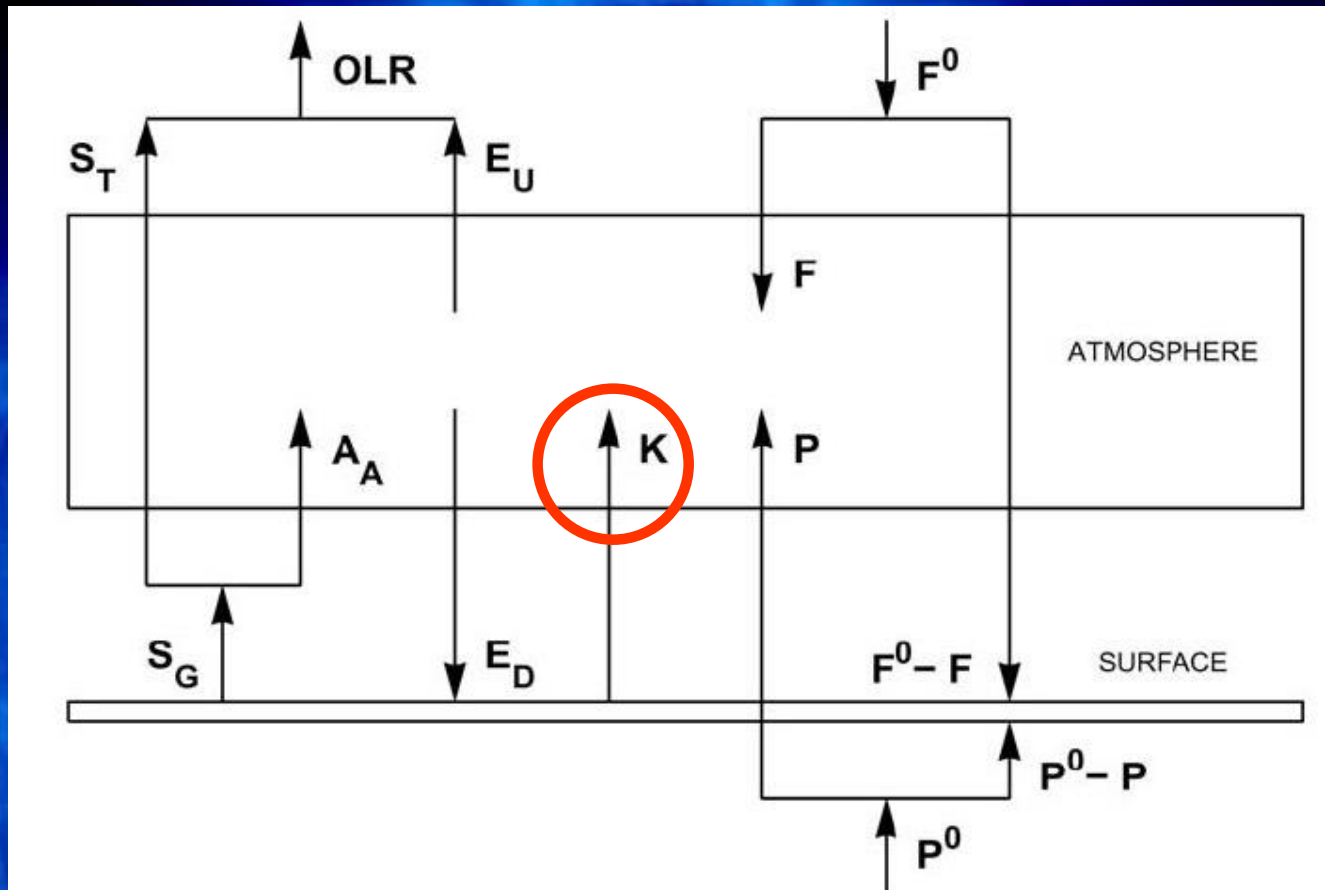
Stabil klíma létezésének feltétele:

$$F_0 + P_0 = \text{OLR}$$

ahol az OLR a bolygó és légköre együttes infravörös kisugárzása (Outgoing Longwave Radiation).

Elsőre egyszerűnek tűnik, de a bolygó fejlődése során minden tag jelentősen változhat.

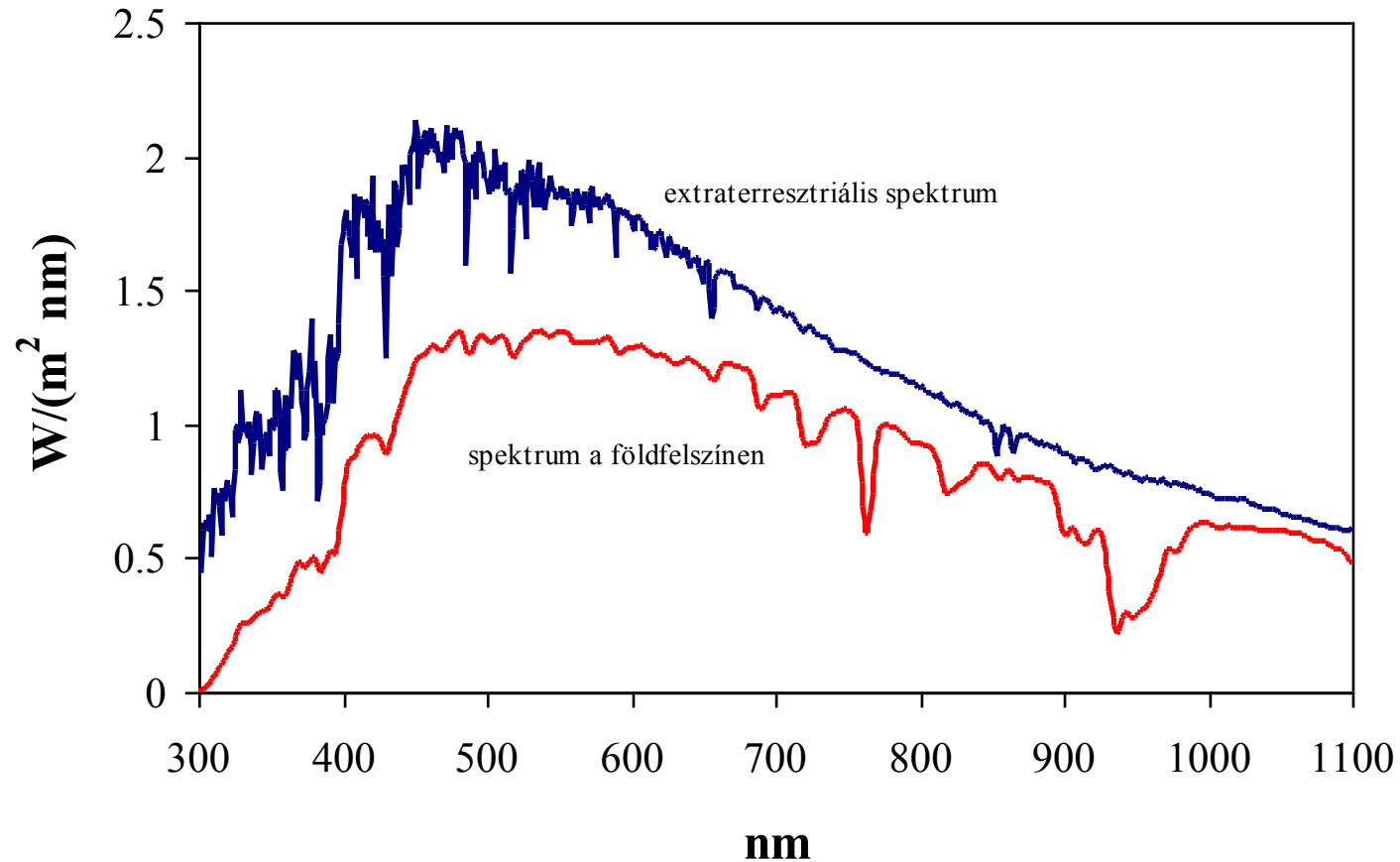
- F_0 :**
- központi csillag (Nap) fejlődése
 - bolygó (Föld) keringését, tengelyforgását leíró csillagászati paraméterek
 - bolygó-légkör (Föld-légkör) rsz. RH reflexiós tul. vált.
- P_0 :**
- bolygó (Föld) belsejében lejátszódó energiatermelő foly. időbeli változása
- OLR:**
- bolygófelszín IR emissziós tul.
 - bolygólégkör IR elnyelési tul. (üvegházgáz konc.)

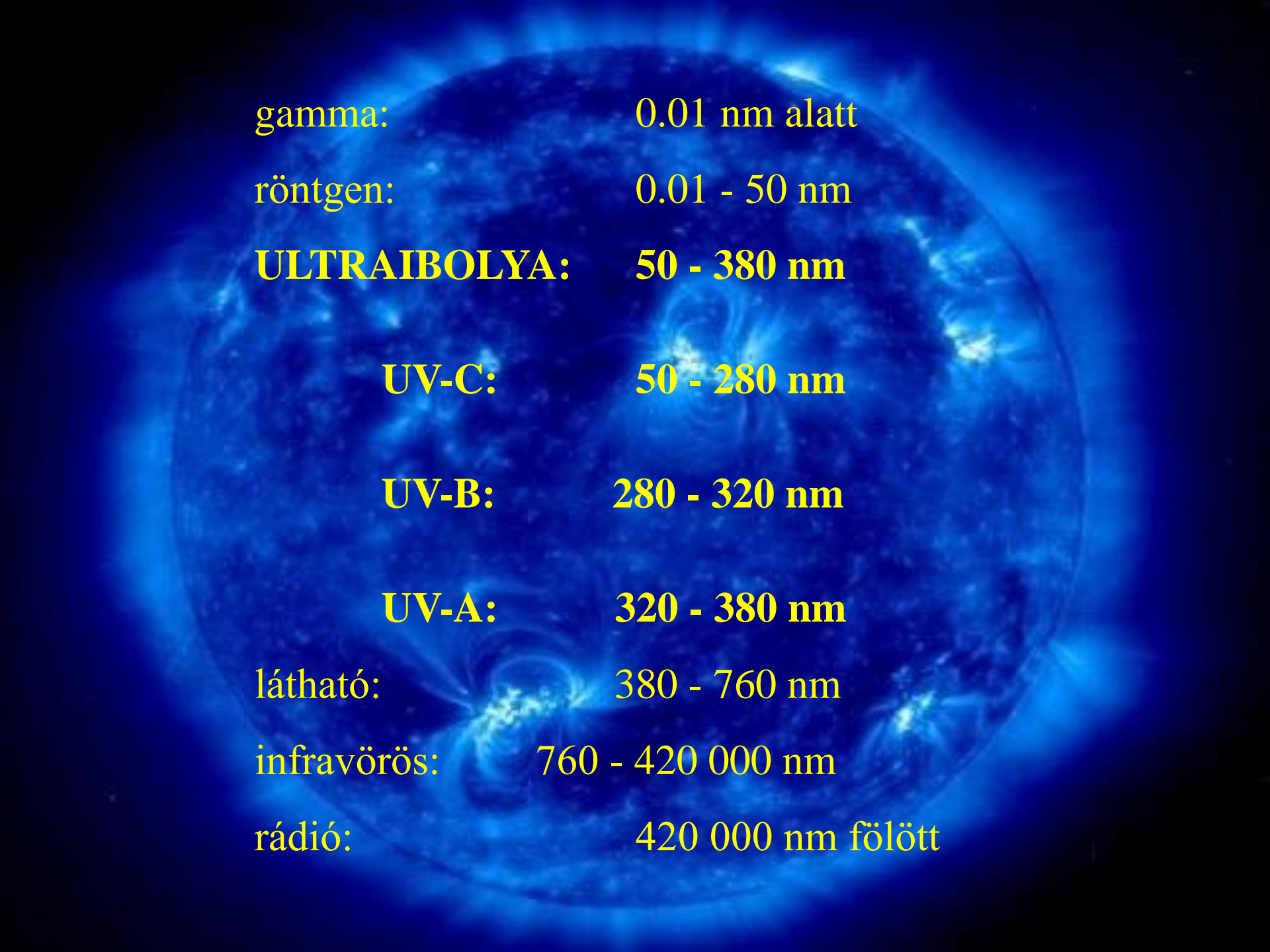


F^0 : beérkező napsugárzás, OLR : kimenő hosszuhullámú sugárzás, S_T : átengedett felszínsugárzás, E_U : légköri hosszuhullámú felsugárzás, F : légköri rövidhullámú (felhő+aeroszol) elnyelés, A_A : légköri hosszuhullámú elnyelés, S_G : felszíni hosszuhullámú felsugárzás, E_D : légköri hosszuhullámú lesugárzás, K : légkör és felszín közötti hőcsere, P : geotermikus hőfluxus.

NAPSUGÁRZÁSÁTBOCSÁTÁS A FÖLD LÉGKÖRÉBEN

A napsugárzás spektrális eloszlása a légkörön kívül és a földfelszínen a 300 és 1100 nm-es hullámhosszok között





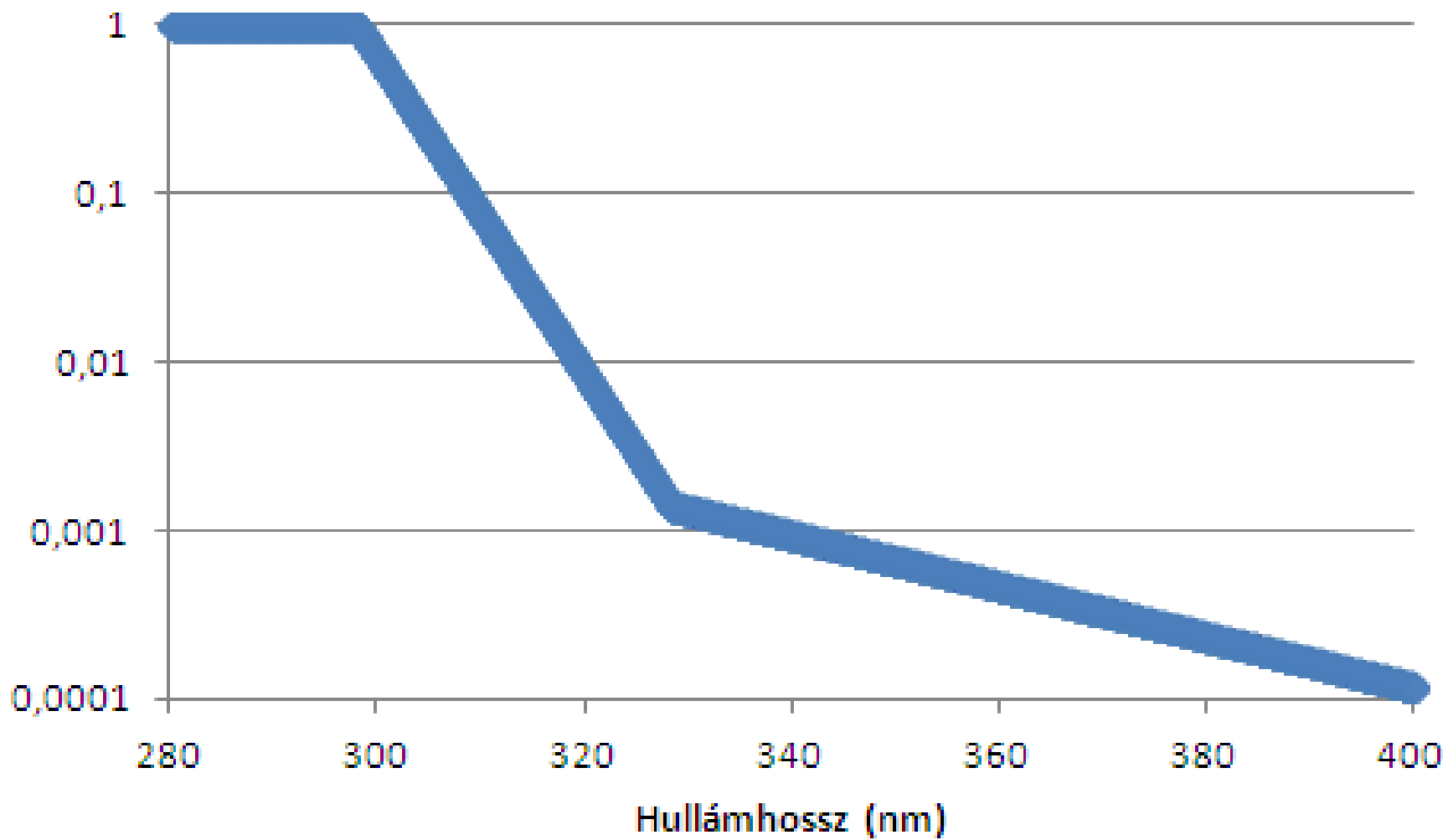
gamma:	0.01 nm alatt
röntgen:	0.01 - 50 nm
ULTRAIBOLYA:	50 - 380 nm
UV-C:	50 - 280 nm
UV-B:	280 - 320 nm
UV-A:	320 - 380 nm
látható:	380 - 760 nm
infravörös:	760 - 420 000 nm
rádió:	420 000 nm fölött

Elsődleges referencia: Brewer spektrofotométer (UV)

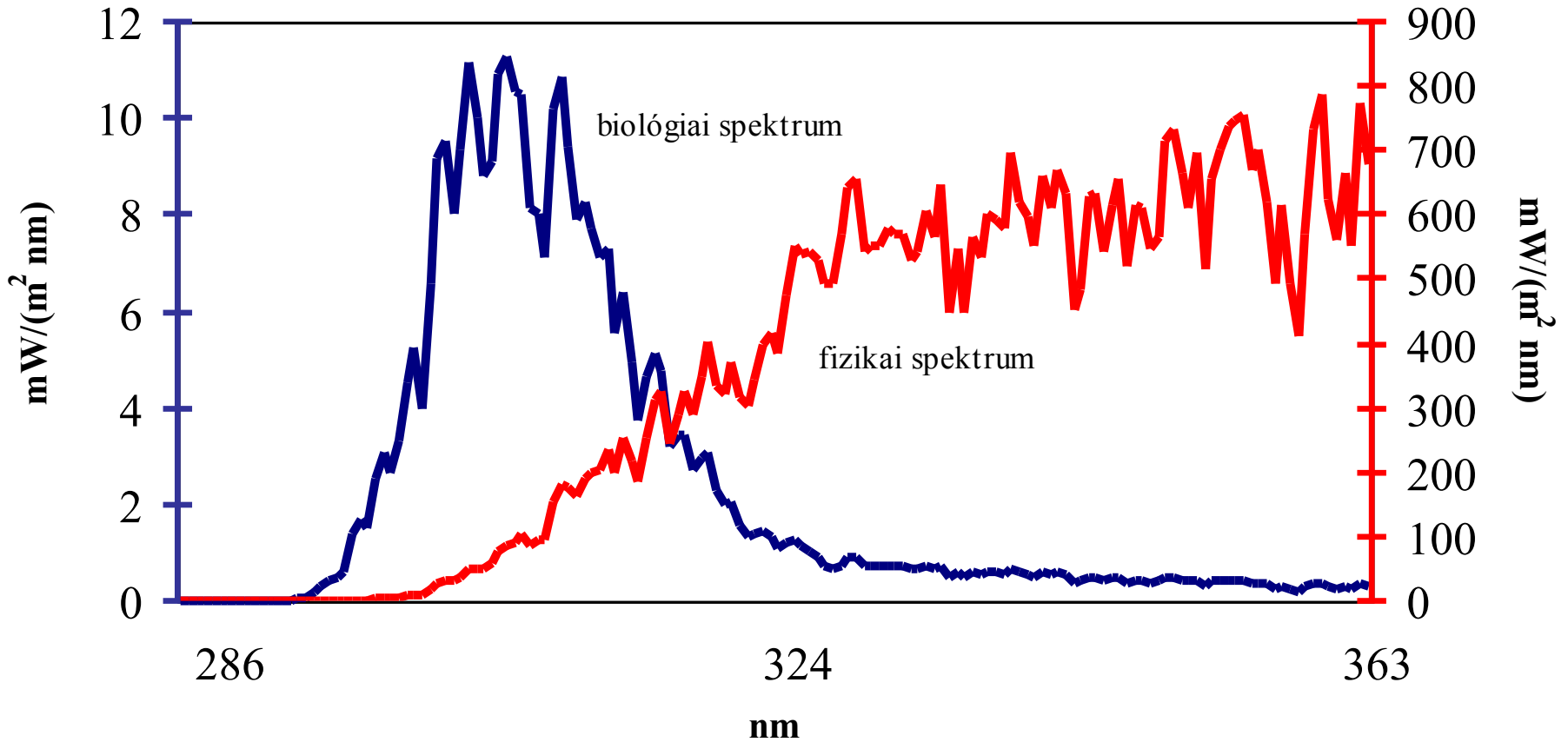




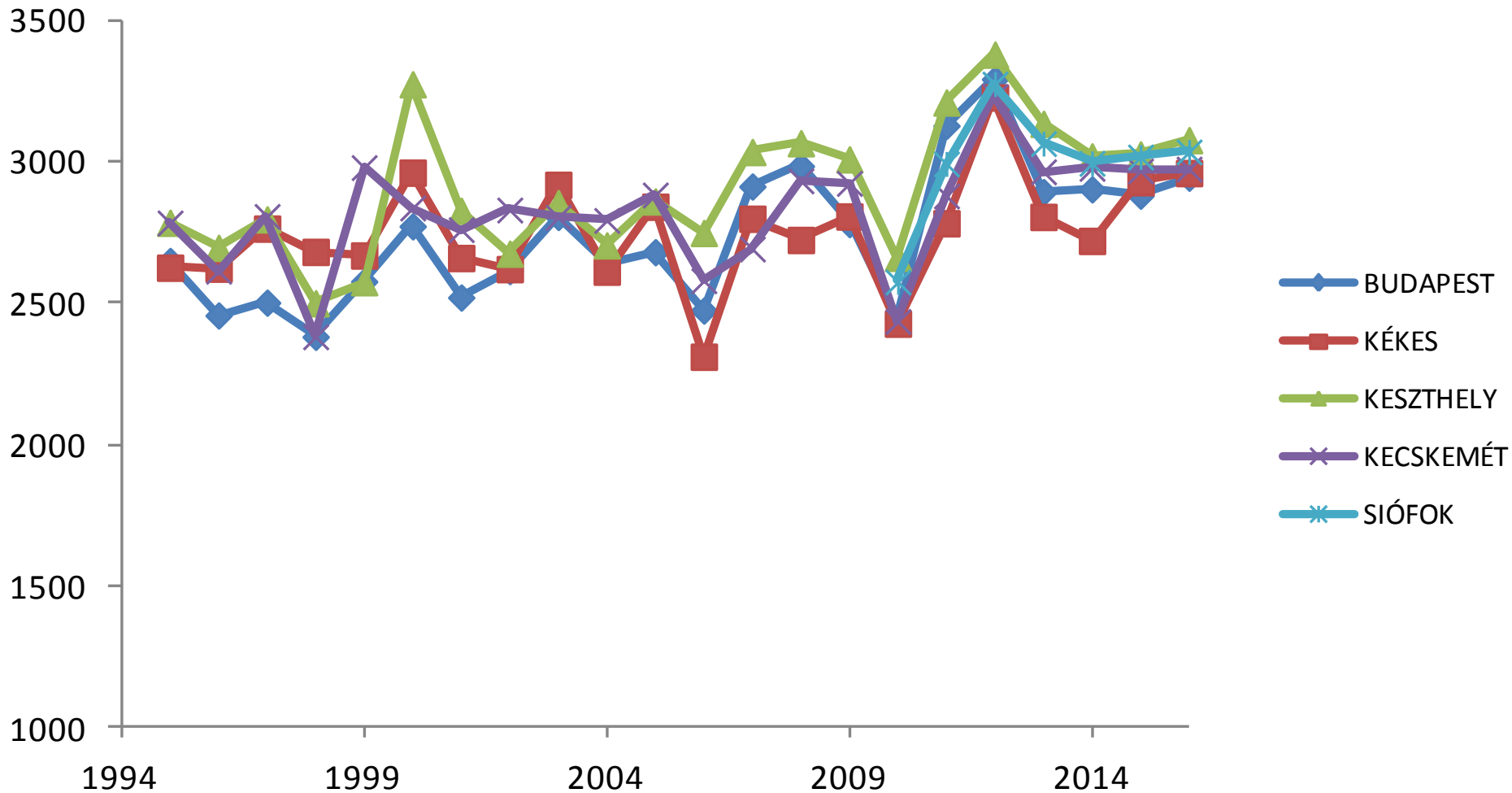
**Solar Light
UV Biometer (broad
band detector)**



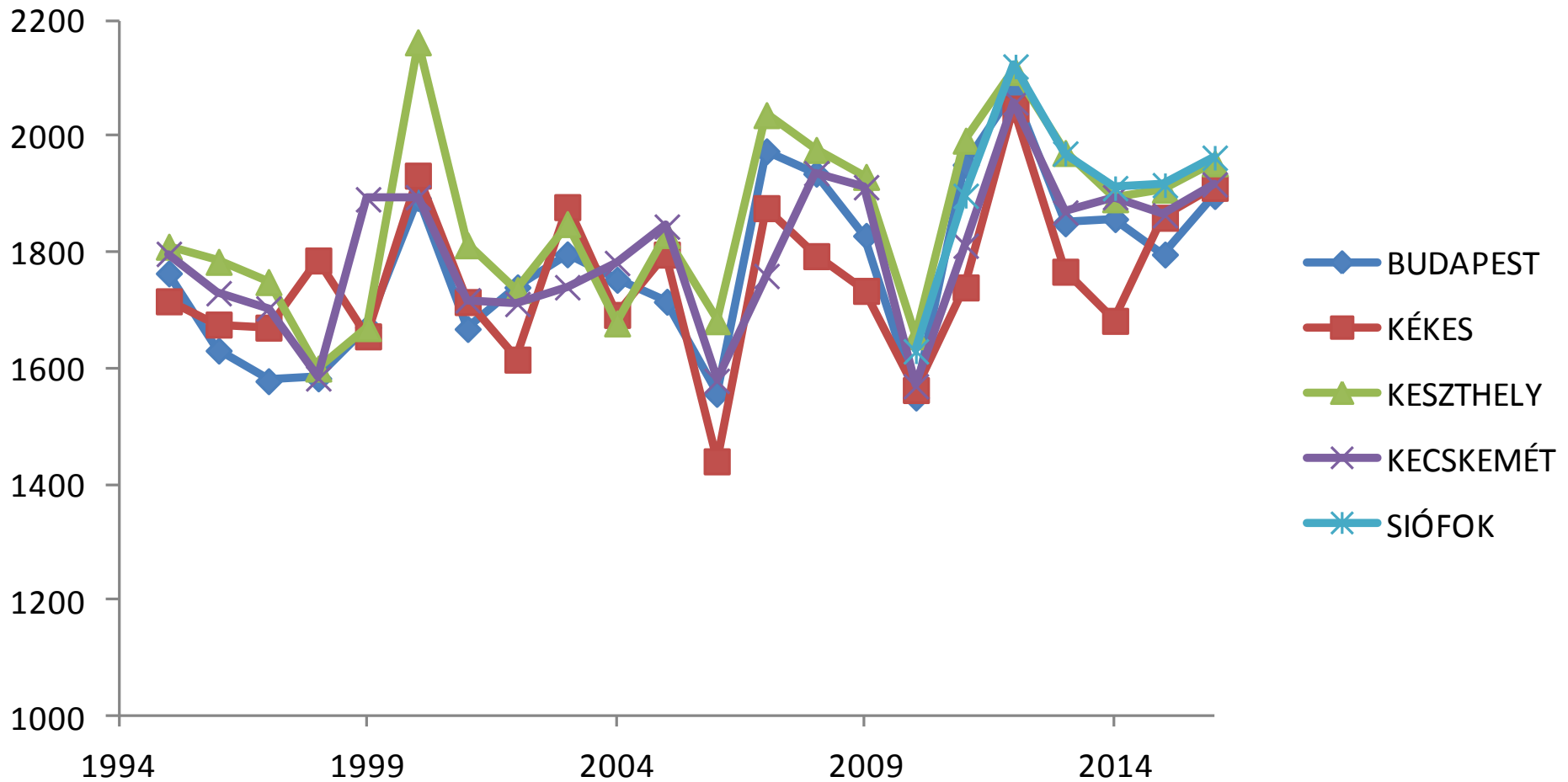
Brewer spektrofotométerrel mért UV spektrumok



A biológiailag effektív UV sugárzás évi összegeinek változása Magyarországon 1995 és 2016 között

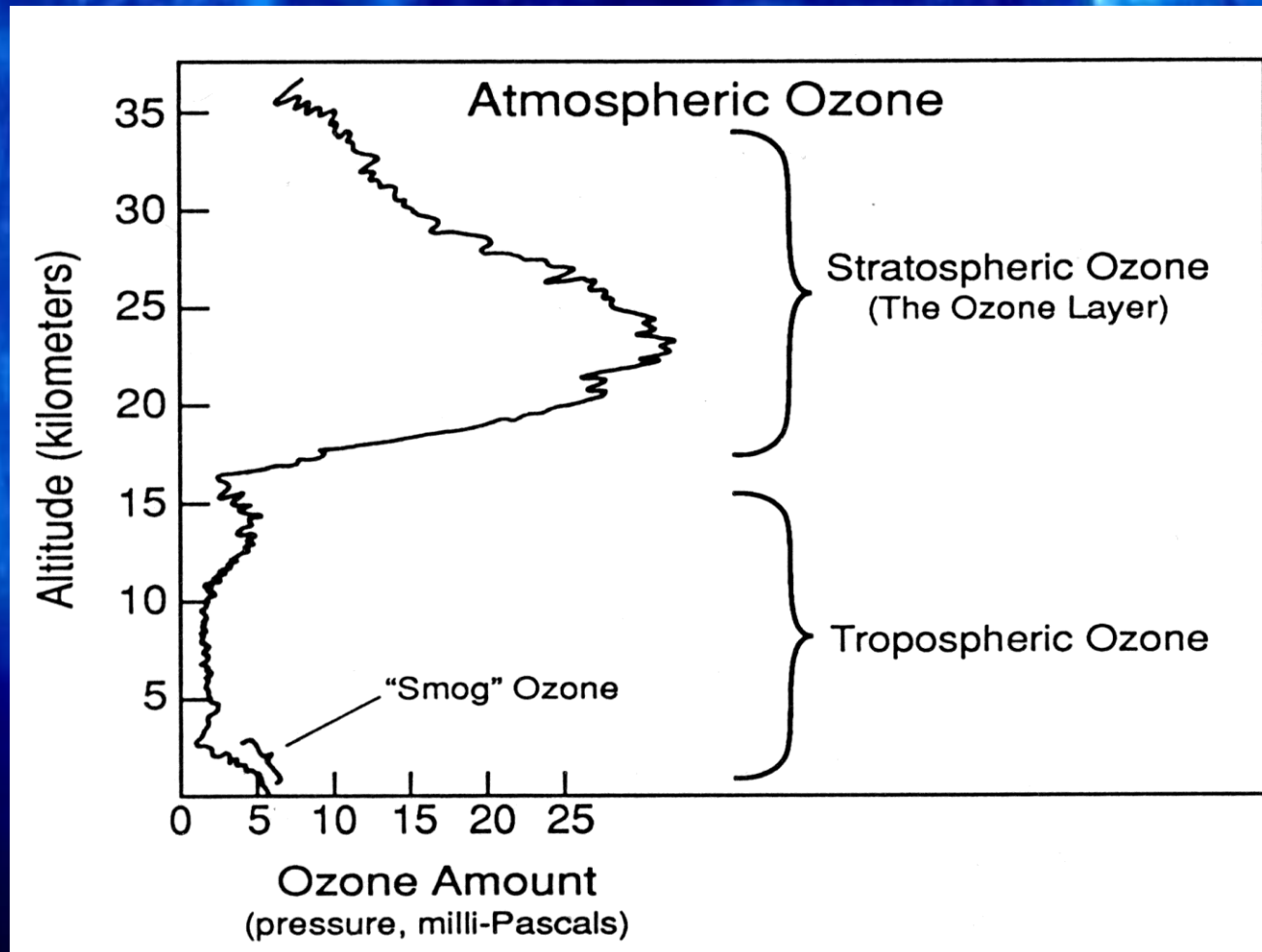


A biológiailag effektív UV sugárzás nyári (május-augusztus) összegeinek változása Magyarországon 1995 és 2016 között

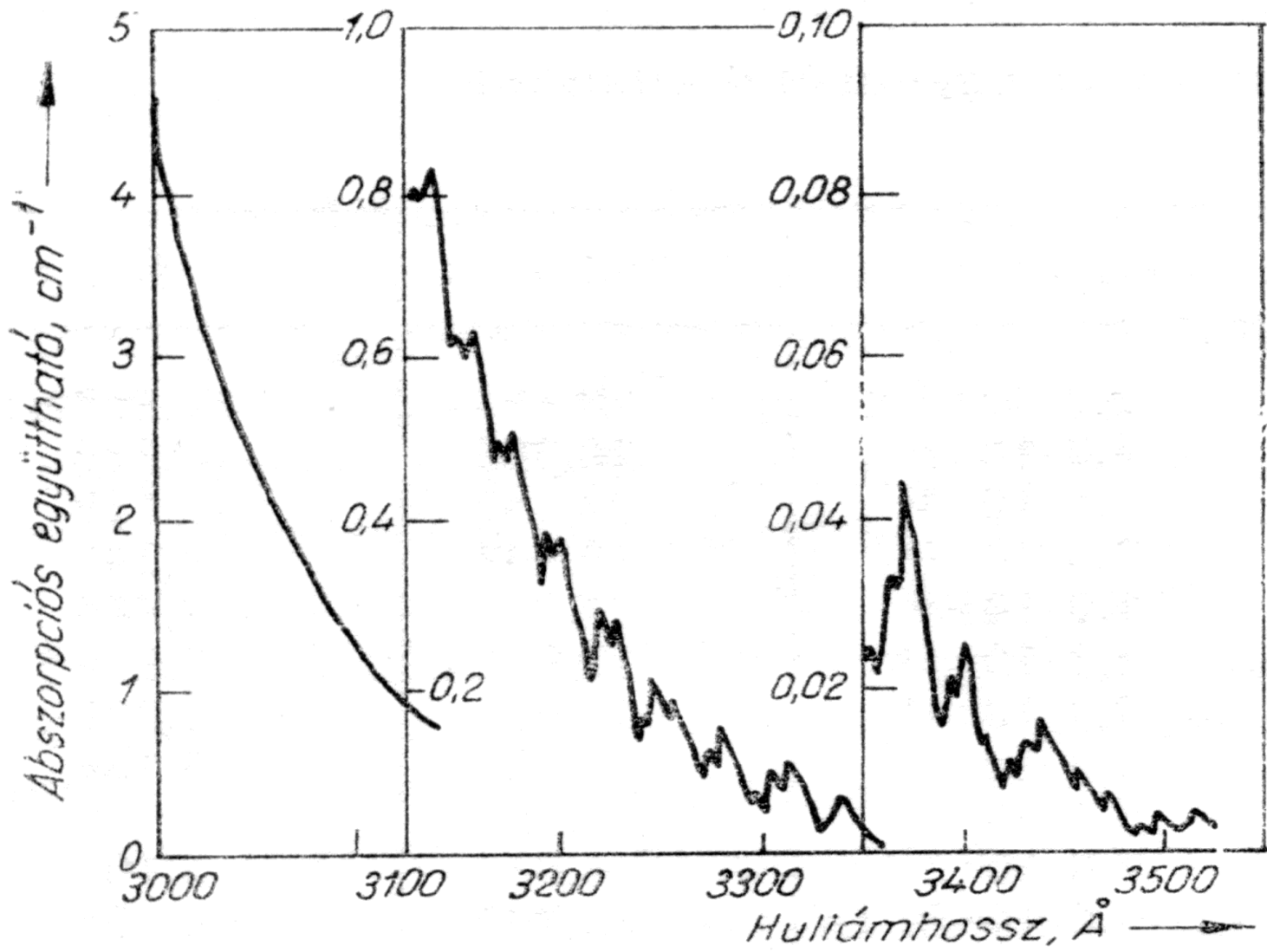


Ózonkeletkezés a Föld légkörében – az alsó sztratoszféra fűtése:

1. Extrém UV sugárzás + $O_2 = O + O$
2. $O + O + O + M = O_3 + M$

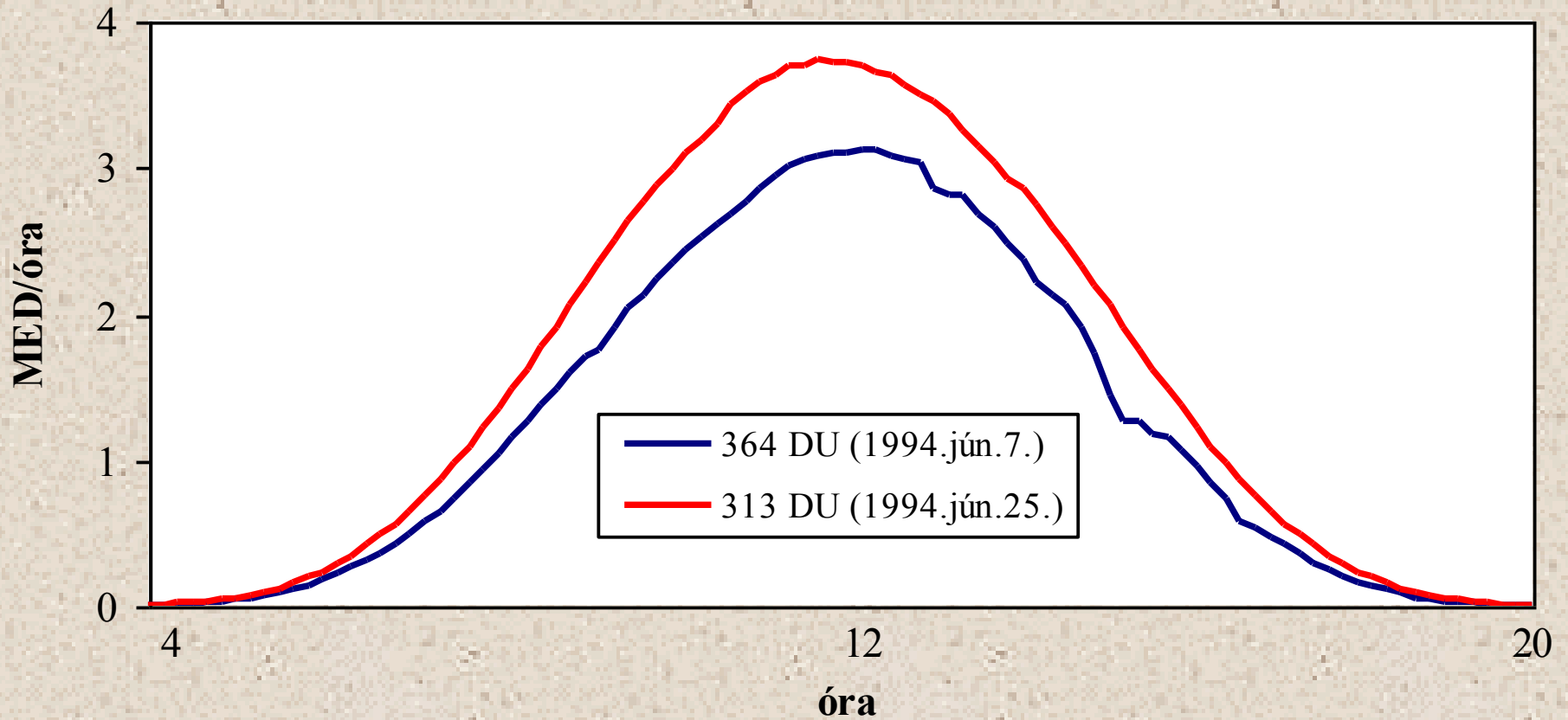


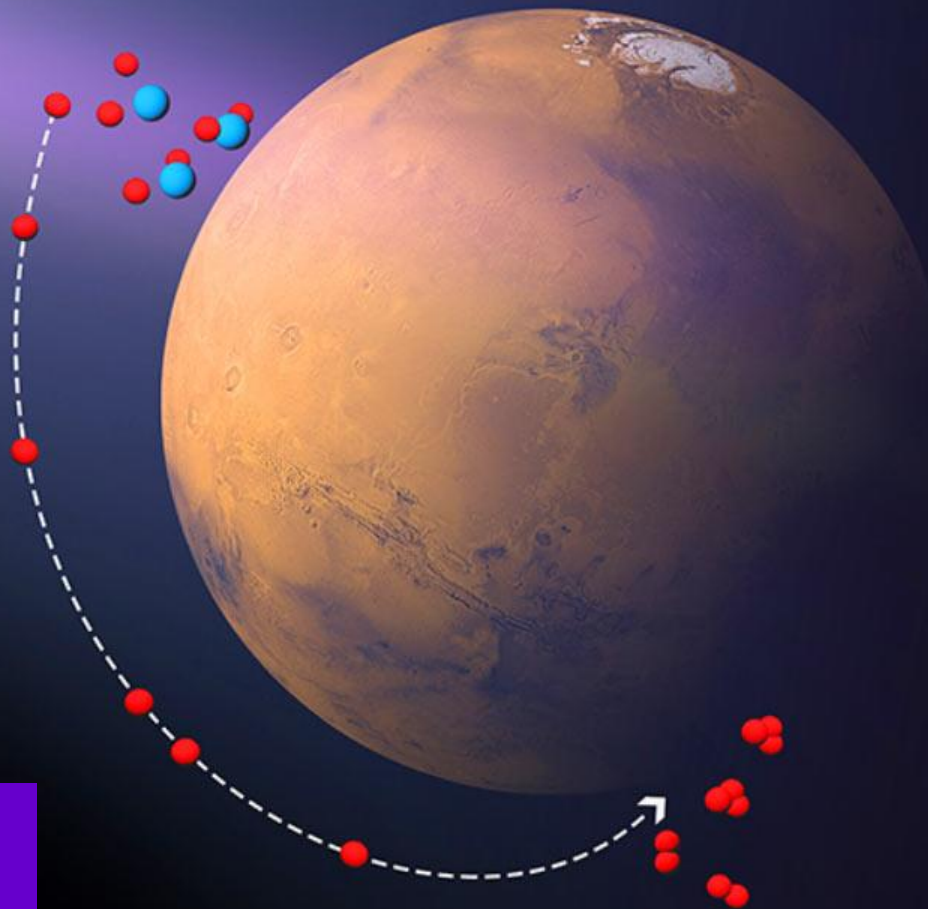
Ózon abszorpció



Ózontartalom:

Az UV-B sug. napi menete eltérő ózontartalom esetén





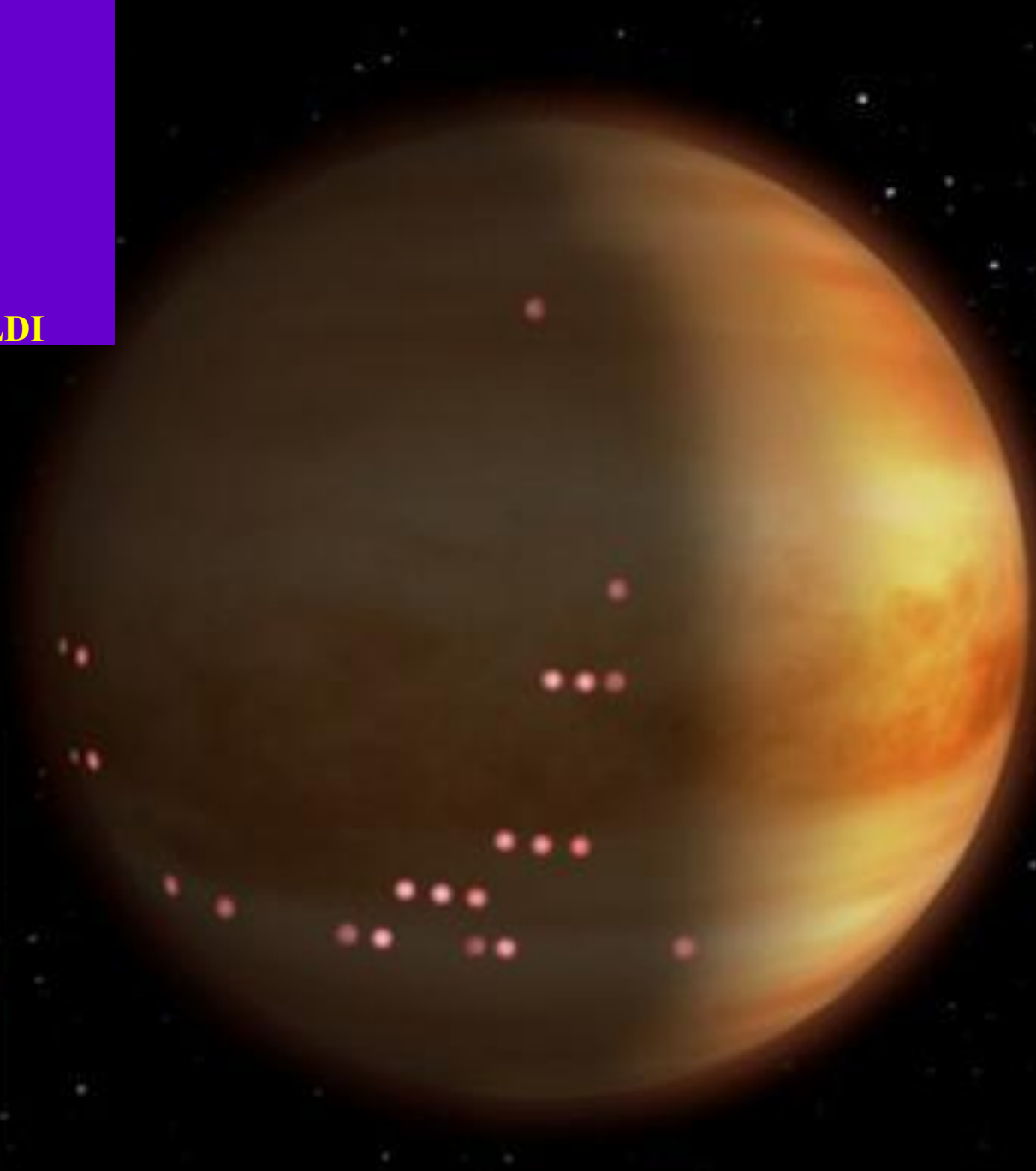
ÓZONRÉTEG A MARSON IS!

-3 rétegből áll

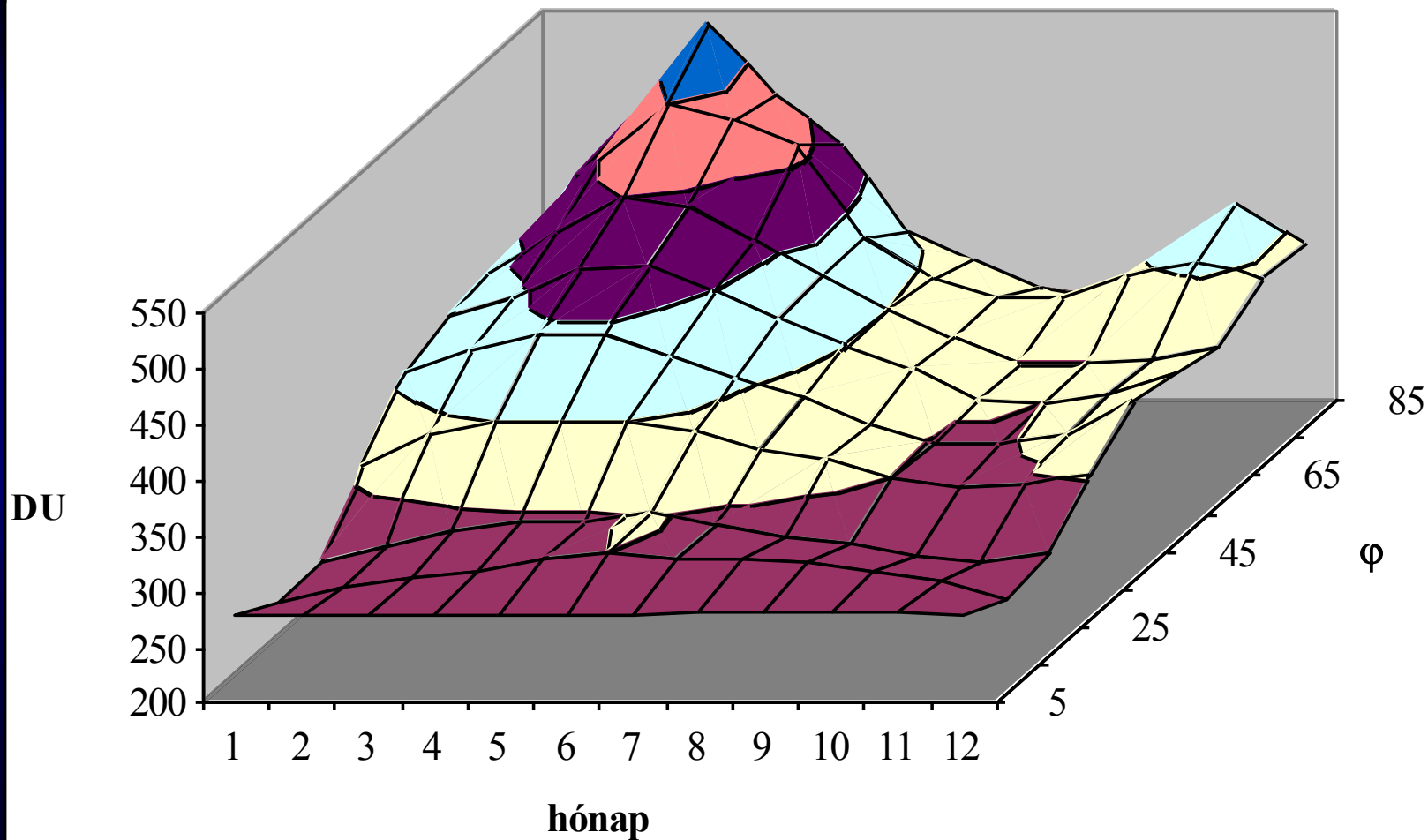
- $\rho = \text{kb. } 0,03 \rho_{\text{FÖLDI}}$

ÓZONRÉTEG A VÉNUSZON IS!

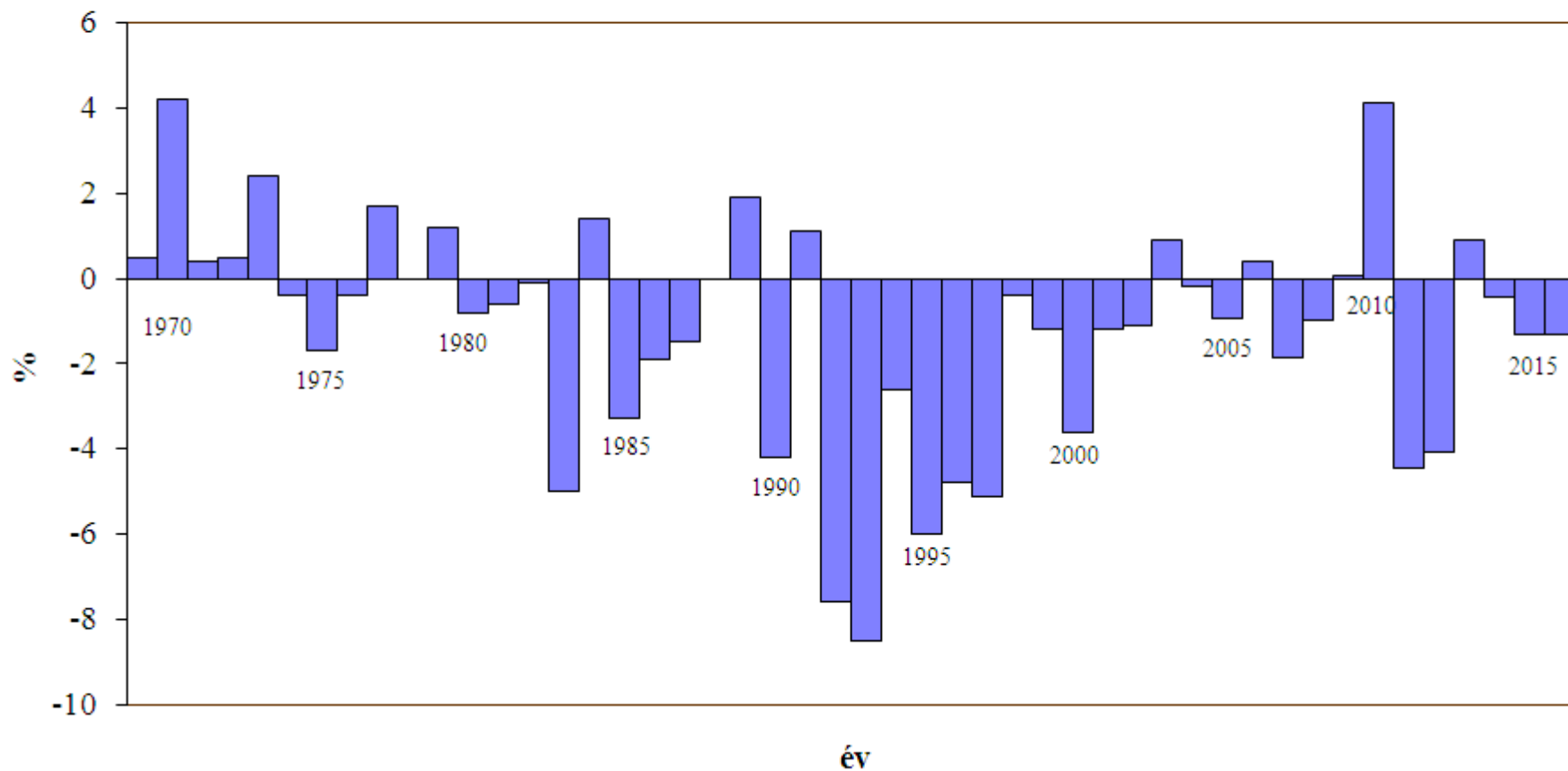
- Kb. 100 km magasságban
- $\rho = 0,01 - 0,001 \rho_{\text{FÖLDI}}$



Az ózontartalom átlagos évi menete különböző földrajzi szélességeken (Khragian,1973)



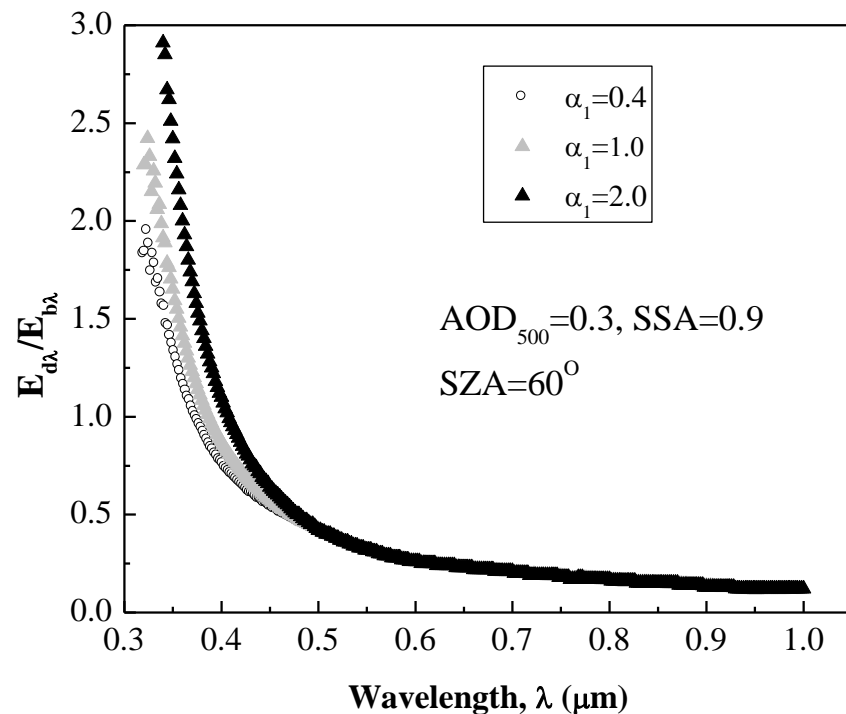
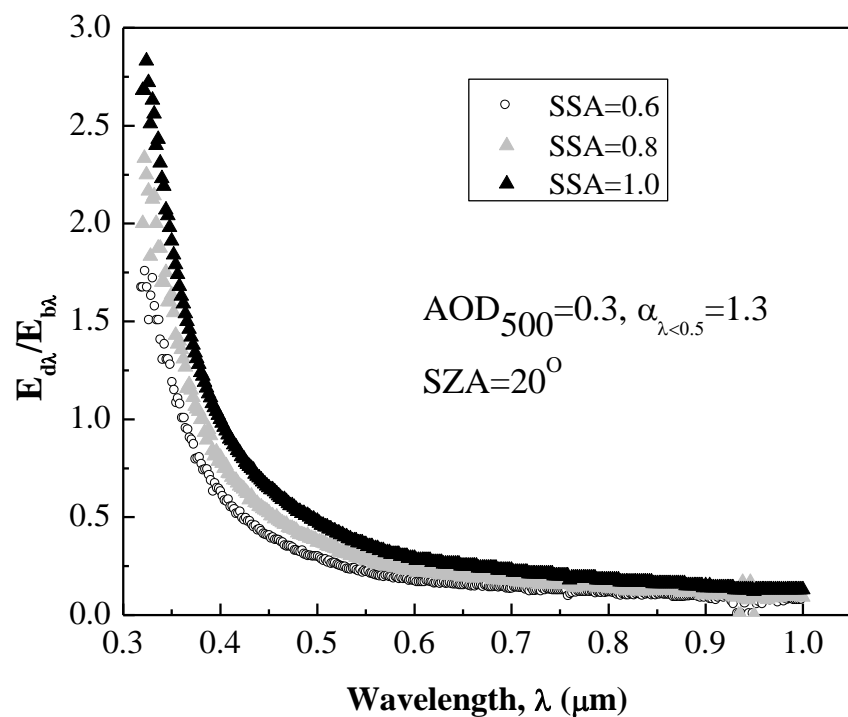
A teljes ózontartalom spektrofotométeres mérésekből számított éves átlagainak százalékos eltérése a sokéves átlagtól Budapest fölött az 1969-2016 időszakra



Kémiai-dinamikai modellek: a csökkenő trendnek max. 60 %-a magyarázható az emberi tevékenység hatásának

SZÓRT ÉS DIREKT SUG. ARÁNYA KÜLÖNBÖZŐ HULLÁMHOSSZOKON

(D.G. Kaskaoutis (*University of Ioannina*), H.D. Kambezidis (*National Observatory of Athens Solar Radiation Research Institute*), Z. Tóth (*OMSZ*)):



NÖVEKEDÉS: (% / 20 év):

BUDAPEST 16

KECSKEMÉT 15

KÉKES 6

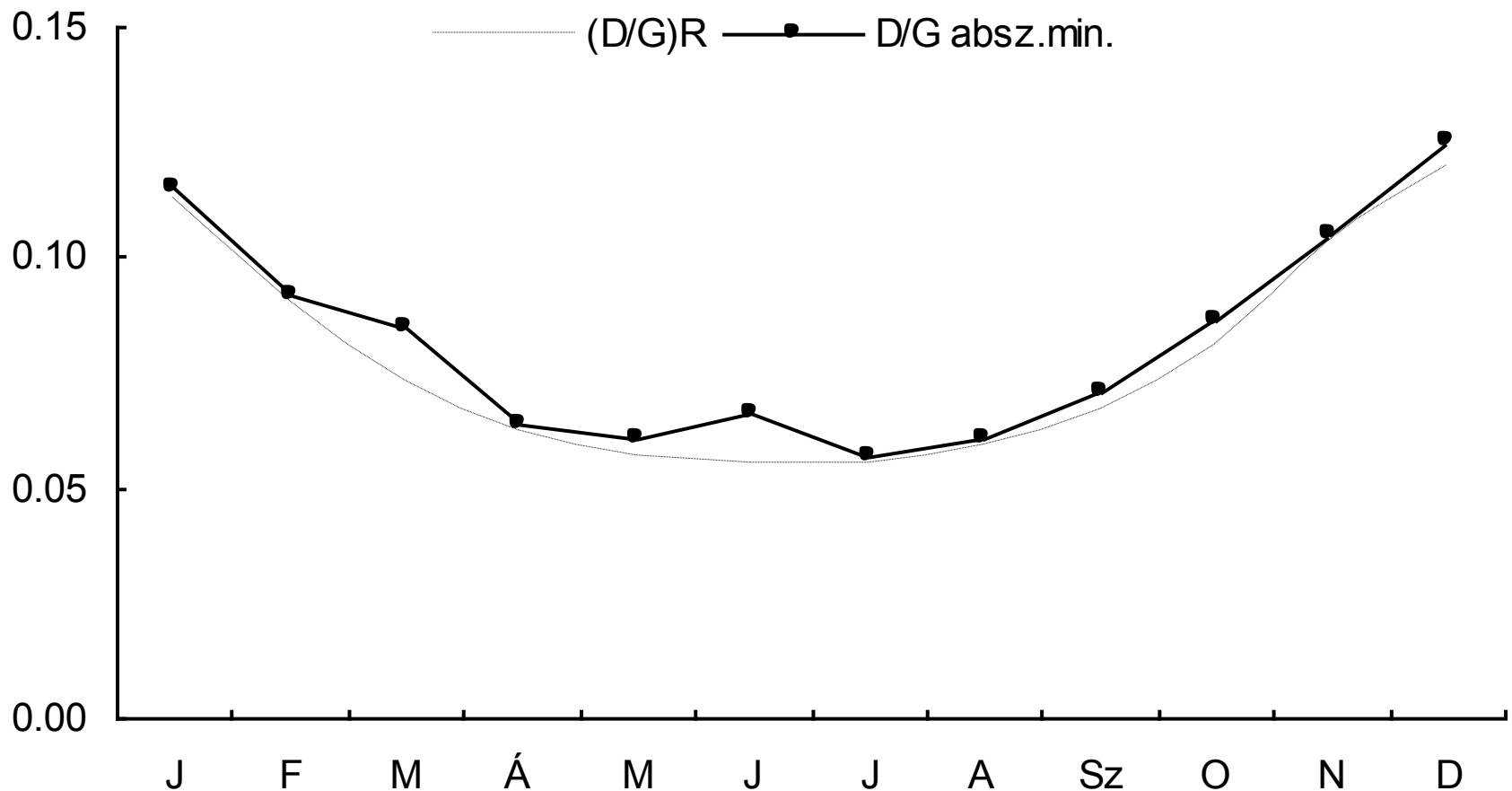
KESZTHELY: 14

SIÓFOK 8 % / 7 év (NEM MÉRVADÓ!)

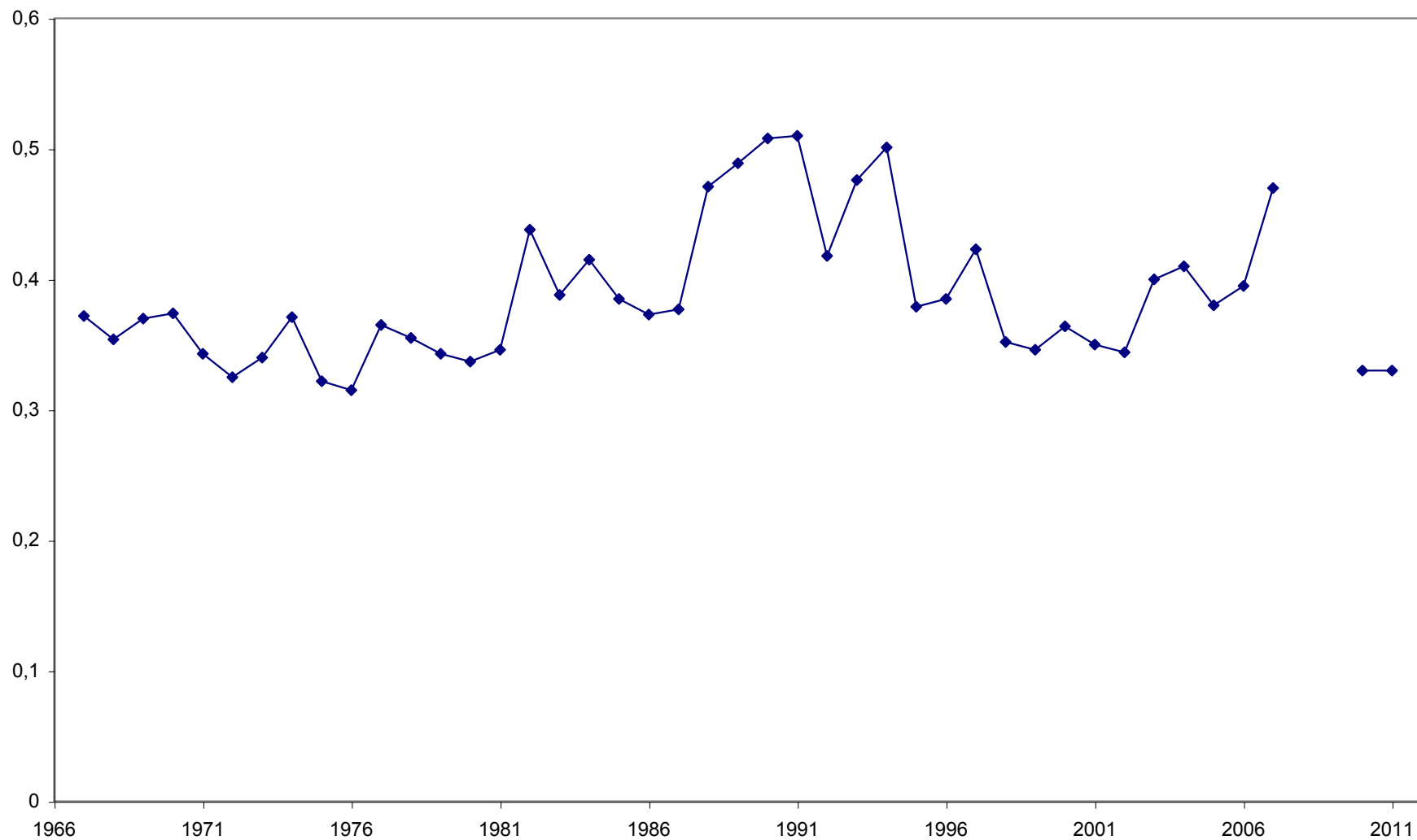
**MIÉRT NÖVEKSZIK AZ UV SUGÁRZÁS AZ
ÓZONCSÖKKENÉS ELLENÉRE?**

Θ SZÓRÁSI PARAMÉTER

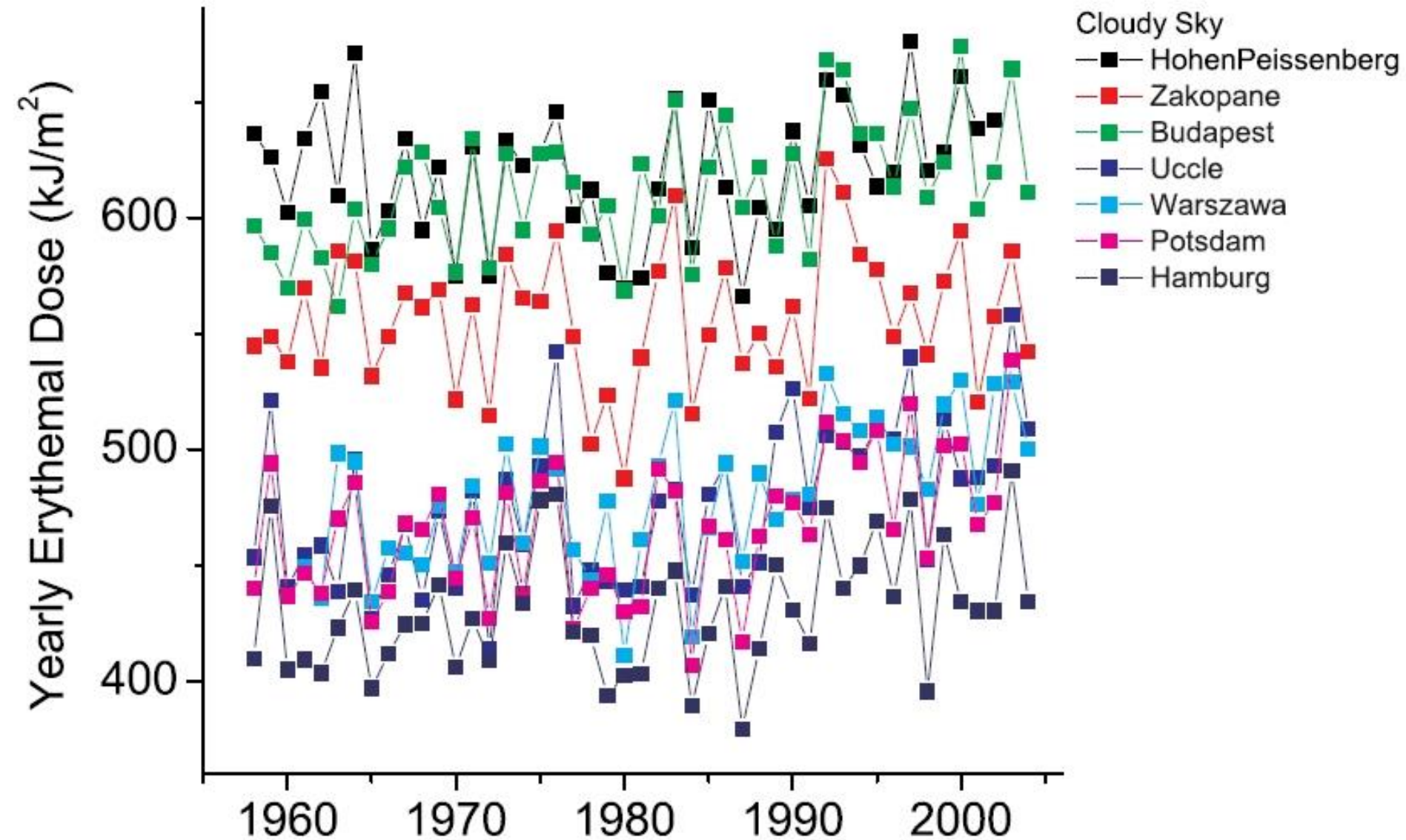
A mért D/G arányok havi abszolút minimum értékeinek (folytonos vonal) és a Rayleigh- szórással gyengített szórt- és össz sugárzás arányainak (D_R/G_R) évi menete (szaggatott vonal)



A szürke optikai mélység évi átlagai, Budapest, 1967 - 2011

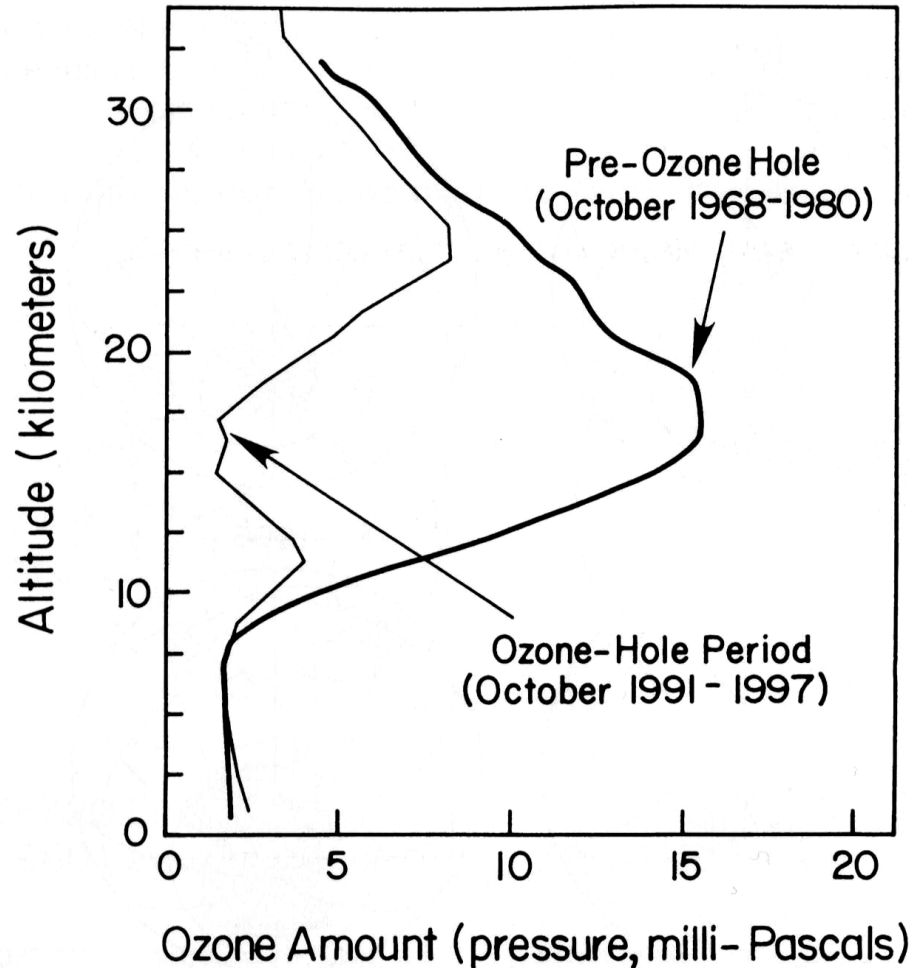


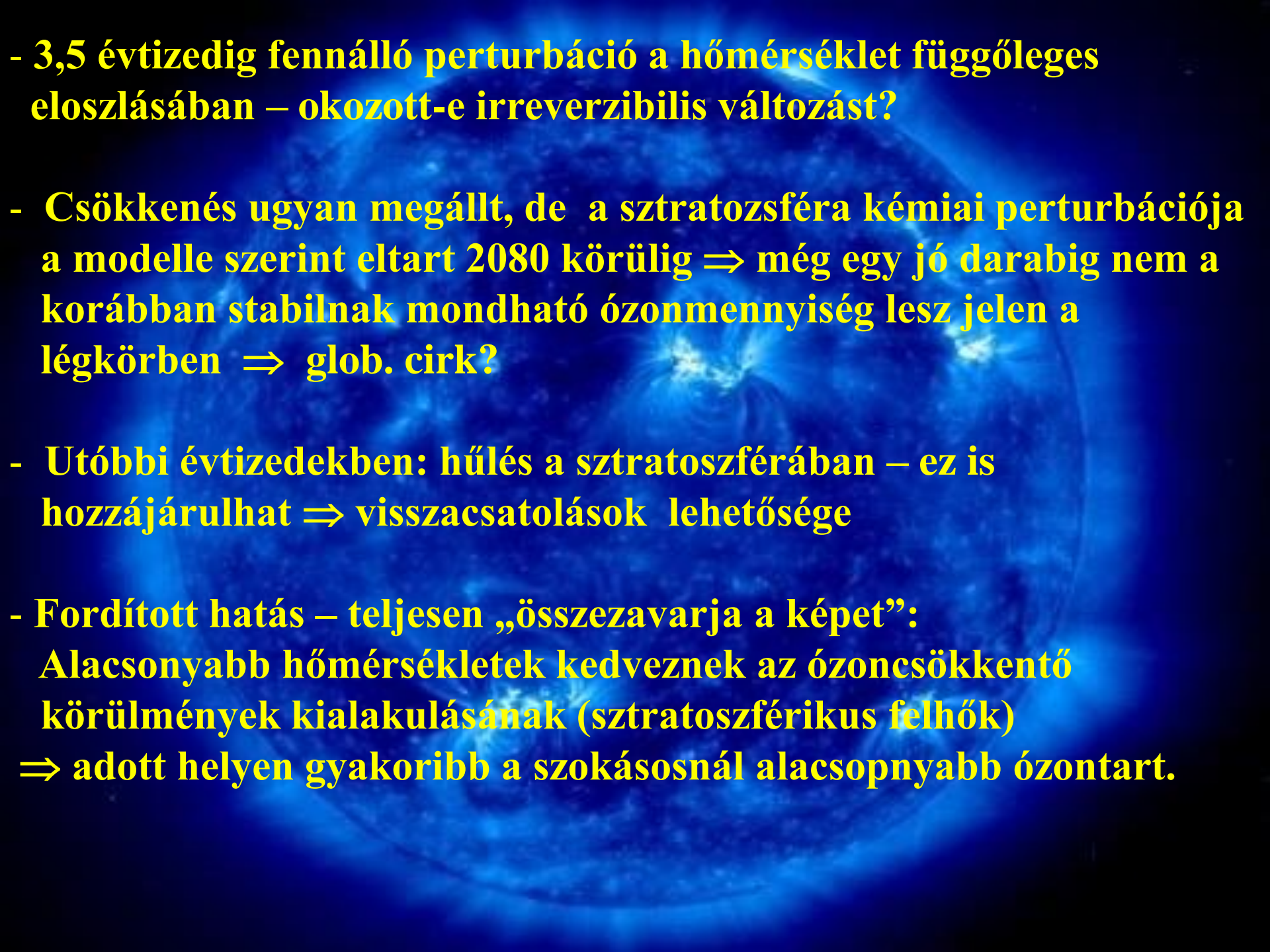
Az UV sugárzás modellezett (rekalkulált) éves összegei különböző európai városokra, 1957 – 2004 (COST 726)

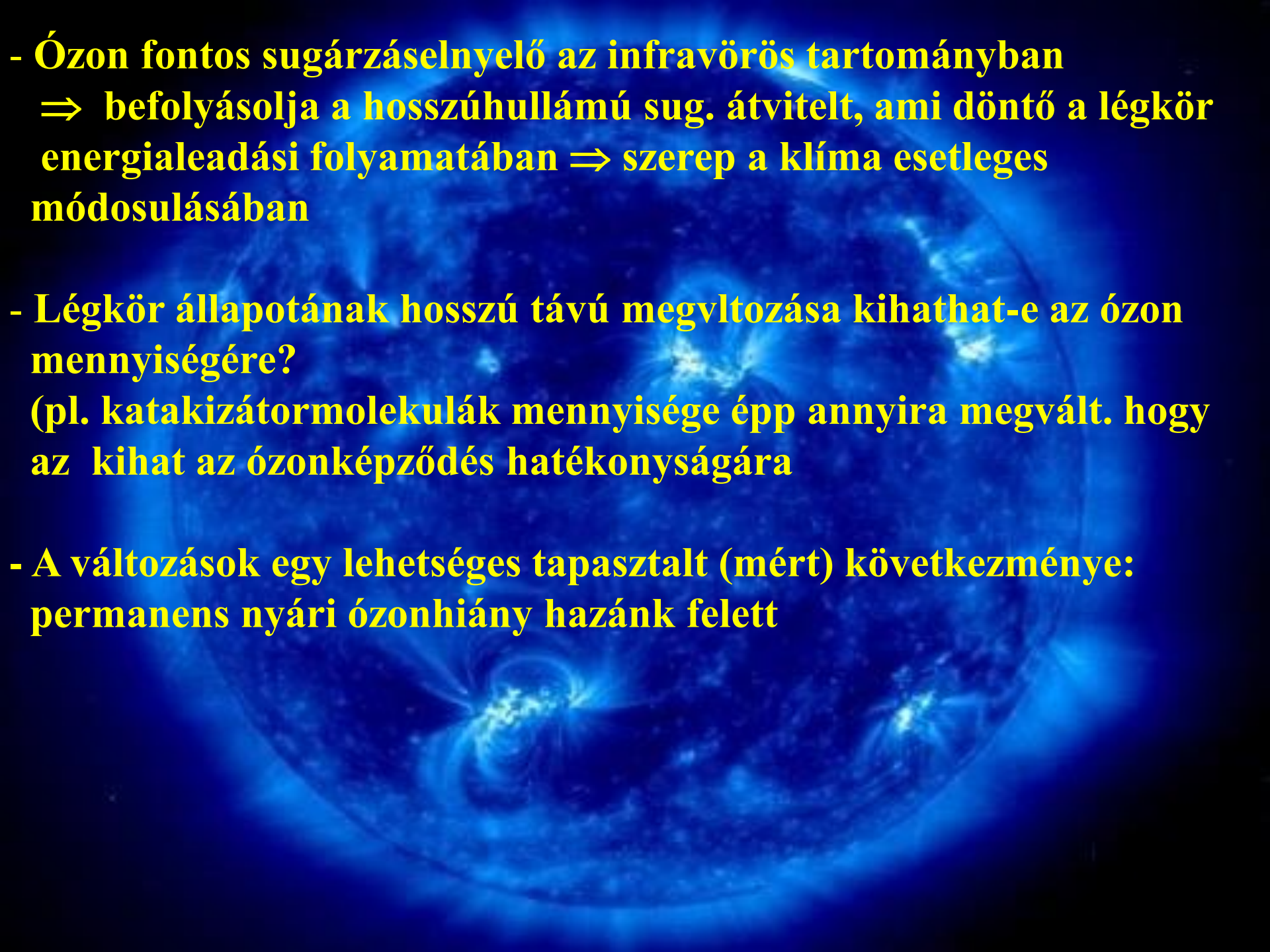


Globális cirkulációt nagymértékben meghatározza a hőmérséklet függőleges eloszlása – ha klimatikus skálán vált. \Rightarrow glob. cirk. változik

Springtime Depletion of the Ozone Layer over Syowa, Antarctica

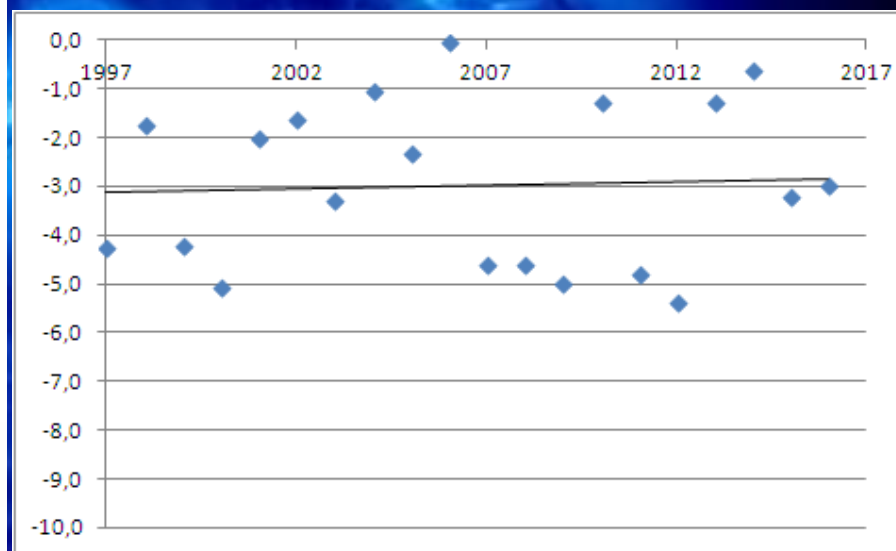


- 
- **3,5 évtizedig fennálló perturbáció a hőmérséklet függőleges eloszlásában – okozott-e irreverzibilis változást?**
 - **Csökkenés ugyan megállt, de a sztratoszféra kémiai perturbációja a modelle szerint eltart 2080 körül \Rightarrow még egy jó darabig nem a korábban stabilnak mondható ózonmennyiség lesz jelen a légkörben \Rightarrow glob. cirk?**
 - **Utóbbi évtizedekben: hűlés a sztratoszférában – ez is hozzájárulhat \Rightarrow visszacsatolások lehetősége**
 - **Fordított hatás – teljesen „összezavarja a képet”:
Alacsonyabb hőmérsékletek kedveznek az ózoncsökkentő körülmények kialakulásának (sztratoszférikus felhők)
 \Rightarrow adott helyen gyakoribb a szokásosnál alacsonyabb ózontart.**

- 
- **Ózon fontos sugárzáselnyelő az infravörös tartományban**
⇒ befolyásolja a **hosszúhullámú sug. átvitelt**, ami döntő a légkör **energialeadási folyamatában** ⇒ szerep a klíma esetleges **módosulásában**
 - **Légkör állapotának hosszú távú megváltozása kihathat-e az ózon mennyiségére?**
(pl. katalizátormolekulák mennyisége épp annyira megváltozott, hogy az **kihathat az ózonképződés hatékonyságára**)
 - **A változások egy lehetséges tapasztalt (mért) következménye: permanens nyári ózonhiány hazánk felett**

20 év alatt kb. 10 % a hiány csökkenése

év	5	6	7	8	átlag
1997	-9,2	-5,4	-0,6	-1,9	-4,3
1998	1,9	-3,4	-3,9	-1,6	-1,7
1999	-4,3	-6,5	-3,3	-2,8	-4,2
2000	-6,3	-7,9	-0,9	-5,3	-5,1
2001	-4,1	-1,1	0,6	-3,4	-2,0
2002	-6,3	-2,8	-1,2	3,8	-1,6
2003	-5,7	-5,9	-0,9	-0,6	-3,3
2004	1,1	-2,0	-2,7	-0,6	-1,1
2005	-6,0	-3,7	-0,3	0,6	-2,3
2006	-1,1	-0,8	-2,1	3,8	-0,1
2007	-5,3	-4,8	-5,7	-2,6	-4,6
2008	-1,4	-5,9	-4,4	-6,5	-4,6
2009	-6,8	-4,1	-5,5	-3,6	-5,0
2010	-1,3	-0,6	-0,6	-2,5	-1,3
2011	-2,0	-6,4	-4,0	-6,6	-4,8
2012	-4,6	-7,3	-5,1	-4,4	-5,4
2013	-4,5	-0,2	1,2	-1,6	-1,3
2014	-1,3	-1,6	-0,3	0,8	-0,6
2015	-2,7	-2,0	-5,1	-3,1	-3,2
2016	0,8	-5,1	-3,6	-4,1	-3,0
átlag	-3,5	-3,9	-2,4	-2,1	-3,0



**KÖSZÖNÖM
A FIGYELMET!**

